

dr hab. Mariola Wróbel, prof. ZUT
Wydział Kształtowania Środowiska i Rolnictwa
Zachodniopomorski Uniwersytet Technologiczny
w Szczecinie

Recenzja rozprawy doktorskiej

Pana mgr. inż. Adama Młynarczyka pt. „Wykorzystanie wskaźników spektralnych do oceny troficzności siedlisk leśnych”

Promotorzy: prof. dr hab. inż. Paweł Rutkowski, dr hab. inż. Jan Piekarczyk, prof. UAM

1. Podstawy formalne wykonania recenzji

- Uchwała nr 111-2022/2023 Rady naukowej dyscypliny nauki o Ziemi i środowisku, Uniwersytetu im. Adama Mickiewicza w Poznaniu z dn. 26.09.2023.
- Rozporządzenie Ministra Nauki i Szkolnictwa Wyższego z dn. 19 stycznia 2018 roku, *w sprawie przeprowadzania czynności w przewodzie doktorskim, w postępowaniu habilitacyjnym oraz w postępowaniu o nadanie tytułu profesora* (Dz.U. z 2018 r. poz 261).
- Ustawa z dnia 20 lipca 2018 r. *Prawo o szkolnictwie wyższym i nauce* (Dz.U. z 2022 r. poz. 574 z późniejszymi zmianami).

2. Ocena ogólna

Przedstawiona do recenzji rozprawa doktorska mgr. inż. Adama Młynarczyka pt. „Wykorzystanie wskaźników spektralnych do oceny troficzności siedlisk leśnych” ma charakter interdyscyplinarny a uzyskane wyniki już znalazły zastosowanie w postaci zgłoszenia patentowego i wdrożenia, co potwierdzają załączone dokumenty. Tematyka podjętych badań wpisuje się w międzynarodowy trend monitorowania i analizowania elementów środowiska przyrodniczego w szerokiej skali przy zastosowaniu nowoczesnych technologii i systemów teledetekcji, dzięki którym uzyskane wyniki pozwalają modelować warunki środowiskowe w przyszłości i przewidywać kierunki zachodzących w nim zmian, zwłaszcza zmian klimatycznych. Problem ten ma duże znaczenie gospodarcze i ekonomiczne,

a potrzebę prowadzenia takich badań potwierdza ich współfinansowanie, w tym badań przeprowadzonych w ramach recenzowanej rozprawy, z funduszy europejskich (Europejski Fundusz Społeczny, Program Operacyjny Wiedza Edukacja Rozwój „GEO_INTER_APLIKACJE” POWR.03.02.00-00-1027/17 i inne programy). Na rozprawę doktorską mgr. inż. Adama Młynarczyka składają się opublikowane w gronie współautorów trzy artykuły naukowe (*Remote Sensing* 100 pkt./IF 4,509; *Forests* 100 pkt./ IF 2,9; *Scientific Reports* 140 pkt./ IF 4,6), jeden manuskrypt (*iForest - Biogeosciences and Forestry* 70 pkt./ IF 1,7 w toku recenzji) oraz uzyskane zgłoszenie patentowe (Młynarczyk A., Królewicz S., Rutkowski P., Konatowska M., Piekarczyk J. 2021. P.439801 „*Wniosek o udzielenie patentu na wynalazek: Sposób wyznaczania stopni uwilgotnienia lasu na podstawie zdjęć satelitarnych*”) i wdrożenie udokumentowane w konkretnym obiekcie (*Operat siedliskowy dla Nadleśnictwa Karnieszewice wg stanu na 01.01.2023*, BULiGL 2023). Potwierdzają one dojrzałość naukową doktoranta od momentu określenia celu badań, przez sformułowanie hipotezy badawczej a następnie dobór właściwych metod badawczych i analitycznych. Pozwoliło to na opracowanie metody diagnozowania troficzności siedlisk leśnych z wykorzystaniem wybranego w trakcie analizy wskaźnika spektralnego NDVI (*Normalized Difference Vegetation Index*), metody która już znalazła zastosowanie w skali krajowej i międzynarodowej, co tym bardziej podkreśla aplikacyjny charakter rozprawy doktorskiej mgr. inż. Adama Młynarczyka.

3. Ogólna wiedza teoretyczna

Doktorant wykazał się szeroką wiedzą z zakresu siedliskoznawstwa leśnego oraz umiejętnie dobrał i wykorzystał zaawansowane techniki analityczne i obliczeniowe do porównania dużej ilości danych i praktycznego przetestowania uzyskanego rozwiązania. Wskazuje to na jego szeroką wiedzę teoretyczną dotyczącą klasyfikacji troficznej siedlisk leśnych zarówno w Polsce, jak i w innych krajach europejskich gdyż odnosząc się do nich krytycznie zwrócił uwagę na czaso- i kosztochłonność obowiązujących metodyk czy instrukcji oraz przedstawił sposoby poprawienia skuteczności oceny siedlisk leśnych z zastosowaniem technik zdalnych bazujących na wykorzystaniu zdjęć lotniczych czy obrazów satelitarnych. Doktorant wykazał się także rozległą wiedzą z zakresu zastosowania metod teledetekcji w obserwacji czasowej i przestrzennej zmienności zbiorowisk leśnych na bazie dostępnych wielospektralnych obrazów satelitarnych i sam wykorzystał je w swojej rozprawie jako źródło danych do dalszych analiz. Przeprowadził też krytyczną analizę wskaźników roślinności, które interpretują dane teledetekcyjne wskazując te najbardziej przydatne w

ocenie przestrzennego zróżnicowania wilgotności gleb leśnych mającej wpływ na trofię siedlisk leśnych a wyrażającą się zróżnicowaniem szaty roślinnej. Mgr inż. Adam Młynarczyk potwierdził także dużą znajomość metod statystycznych stosowanych do opisu zależności między danymi spektralnymi a właściwościami gleby czy klasyfikacją powierzchni leśnych zarówno tradycyjnymi metodami regresyjnymi, ale także coraz częściej stosowanymi metodami uczenia maszynowego jak np. sieciami neuronowymi (ANN) czy wektorami nośnymi (SVM). Wskazał także, jakie metody i narzędzia do analizy danych w nowoczesny sposób podchodzą do zagadnienia oceny zróżnicowania trofii siedlisk leśnych i będą w przyszłości powszechnie stosowane. Szeroki przegląd najnowszej literatury odnoszącej się do tak zróżnicowanych zagadnień potwierdza rozległą, interdyscyplinarną wiedzę teoretyczną doktoranta.

4. Umiejętność samodzielnego prowadzenia pracy naukowej

Struktura rozprawy jest przejrzysta i zwięzła. W rozdziale *Cel i hipotezy badawcze* na podstawie przyjętych w logicznym ciągu założeń, została jasno sformułowana hipoteza badawcza i na tej podstawie cel badań, którego osiągnięcie było możliwe przez uzyskanie odpowiedzi na postawione przez doktoranta pytania. To one właśnie wyznaczają kolejne etapy badań przeprowadzonych przez doktoranta i opublikowanych w gronie współautorów w postaci trzech załączonych artykułów naukowych. Rozdział *Metody badań* odbiega od typowego przedstawienia zastosowanych metod i narzędzi badawczych i wymaga od czytelnika dużej uwagi aby podążyć za tokiem narracji autora. Autor skupił się bowiem na szczegółowym omówieniu etapów badań odnoszących się do postawionych wcześniej pytań oraz przedstawił i wyczerpująco wyjaśnił zastosowane na każdym z tych etapów metody badawcze i narzędzia, opisane w kolejnych w publikacjach. We wszystkich trzech załączonych do rozprawy artykułach naukowych, autor wykorzystywał obrazy satelitarne. Powołanie się na źródła ich pozyskania jest obszerne, zawiera także szczegółowe porównanie parametrów technicznych urządzeń, z których zostały uzyskane. W Załączniku 1 autor zestawiał wykaz 249 indeksów objętych wstępną analizą a następnie w Załączniku 2 przedstawił wyniki analizy 191 wskaźników spektralnych objętych badaniami. Szczegółowe omówienie procesu analizy i wyboru konkretnych wskaźników stosowanych w dalszych badaniach, jest treścią Artykułu 1 (Młynarczyk A., Konatowska M., Królewicz S., Rutkowski P., Piekarczyk J., Kowalewski W. 2022. *Spectral Indices as a Tool to Assess the Moisture Status of Forest Habitats [Wskaźniki spektralne jako narzędzie do oceny stanu wilgotności siedlisk leśnych]*. *Remote Sensing*, 14, 4267). W załączonym Manuskrypcie (Młynarczyk A., Konatowska M.,

Kowalewski, W. Królewicz S., Tonello K.C., Toppa R.H.,Martines M.R., Piekarczyk J., Rutkowski P. *NDVI as a Tool for Determining the Moisture of Habitats at the Edge of the Cerrado and Atlantic Forest Biomes (Brazil)* zgłoszone do iForest - Biogeosciences and Forestry) będącym artykułem w trakcie recenzji, autor testuje uniwersalność metody opartej na wykorzystaniu wybranego wskaźnika i opisanej w Artykule 1, tym razem w warunkach dużego kompleksu leśnego w odmiennej strefie klimatycznej i geograficznej. Jest to model matematyczny umożliwiający przewidywanie czy też ocenę uwilgotnienia siedlisk leśnych na podstawie wybranego wskaźnika spektralnego NDVI i dodatkowych parametrów charakteryzujących warunki wysokościowe, geologiczne i glebowe. Ten fragment rozdziału jest bardzo obszerny, bogato ilustrowany graficznie, jest właściwie szczegółowym omówieniem metodyki badań jakie przeprowadzono i opisano w załączonym Manuskrypcie. Jednocześnie potwierdza to aplikacyjny charakter uzyskanych badań wyników i to w skali międzynarodowej.

Natomiast dwa kolejne załączone do rozprawy Artykuły 2 i 3 potwierdzają praktyczne możliwości zastosowania wcześniej wybranego wskaźnika spektralnego NDVI do prognozowania zmian w zasięgach geograficznych kluczowych gatunków lasotwórczych takich, jak klon jawor (Konatowska M., Młynarczyk A., Rutkowski P. 2023. „*NDVI as a potential tool for forecasting changes in geographical range of sycamore (Acer pseudoplatanus L.)*” [NDVI jako potencjalne narzędzie do prognozowania zmian w zasięgu geograficznym jaworu (*Acer pseudoplatanus L.*)], Scientific Reports, 2023) czy ekotypy sosny zwyczajnej (Konatowska M., Młynarczyk A., Rutkowski P. 2023. *Prospects for the Preservation of the Main Pinus sylvestris L. Ecotypes in Poland in the Context of the Habitat Conditions of their Occurrence*”[Perspektywy ochrony głównych ekotypów sosny zwyczajnej (*Pinus sylvestris L.*) w Polsce w kontekście warunków siedliskowych ich występowania], Forests, 2023).

Rozdział *Wyniki badań* to omówienie wyników jakie zawarte są w trzech załączonych artykułach. Ilustracja graficzna i zestawienia tabelaryczne zastosowanych parametrów i wskaźników wskazują na kolejne etapy przeprowadzonej analizy danych przy zastosowaniu zaawansowanych metod statystycznych i obliczeniowych. Na podkreślenie zasługuje rycina 14 prezentująca *Schemat oddziaływania poszczególnych parametrów na ocenę stanu uwilgotnienia siedlisk w Ipanema National Forest oraz przyjętych stopni uwilgotnienia odpowiadających określonym wartościom NDVI*, gdyż przedstawia uniwersalne i praktyczne zastosowanie wybranego wskaźnika spektralnego do oceny stanu uwilgotnienia siedliska

leśnego i czynników terenowych mających wpływ na stan tego uwilgotnienia, jednocześnie przekładając to na powszechnie stosowane wskaźniki wilgotności siedlisk leśnych. Można by to uznać za najbardziej czytelną i przekonującą wizualizację osiągniętego celu badawczego, na przykładzie tego konkretnego zastosowania.

Podsumowując stronę formalną rozprawy należy podkreślić, że układ rozdziałów wskazuje na logiczne rozwinięcie sformułowanego celu i założonych hipotez badawczych a uzyskane wyniki zostały omówione w kolejności publikacji artykułów naukowych nawzajem dopełniających się i zawierających szczegółowe rozwinięcie problemu badawczego wraz z dyskusją.

5. Oryginalność rozwiązania problemu naukowego

Stwierdzony przez doktoranta związek pomiędzy wybranymi wskaźnikami spektralnymi uzyskanymi ze zdjęć satelitarnych a wskaźnikami powszechnie stosowanymi w ocenie trofii siedlisk leśnych jest nowatorskim ujęciem tematu oceny stanu siedlisk leśnych oraz oryginalnym rozwiązaniem problemu naukowego. Załączone do rozprawy zgłoszenie patentowe zawiera sprawozdanie o stanie techniki wykonane przez Urząd Patentowy Rzeczypospolitej Polskiej, w którym ocenie poddano kilka czynników, w tym jednolitość, jednoznaczność zastrzeżeń, stosowalność przemysłowa i poziom wynalazczy. Ten ostatni czynnik został określony w stanie techniki jako "A", tym samym uzyskał najwyższą z możliwych ocen, która pokazuje brak konfliktów z innymi publikacjami, w tym patentami.

Zaproponowana metoda została już przez doktoranta wykorzystana w praktyce leśnej w ocenie zasięgu przestrzennego występowania określonych gatunków drzew. Ma zatem potencjał do zastosowanie jej w badaniach ekologicznych nad zmianami szaty roślinnej czy zasięgami gatunków lasotwórczych jakie zachodzą w szerokiej skali w związku z obserwowanymi zmianami klimatu, a z pewnością w warunkach pogarszającego się uwilgotnienia gleb na terenach leśnych i użytkowanych rolniczo.

Na wysoką ocenę rozprawy doktorskiej mgr. inż. Adama Młynarczyka wpływa nowatorskie ujęcie problemu oceny stanu siedlisk leśnych z wykorzystaniem obrazów satelitarnych i zaawansowanych metod analizy danych co w przyszłości znajdzie praktyczne zastosowanie nie tylko w gospodarce leśnej ale także przy wielkoskalowych ocenach stanu środowiska przyrodniczego. Doktorant potwierdził swoją dojrzałość naukową i samodzielność w formułowaniu hipotez badawczych oraz szeroką interdyscyplinarną wiedzę teoretyczną i umiejętności analityczne pozwalające mu na samodzielne prowadzenie badań.

Konkluzja

Praca mgr. inż. Adama Młynarczyka pt. „Wykorzystanie wskaźników spektralnych do oceny troficzności siedlisk leśnych” w mojej opinii spełnia warunki rozprawy doktorskiej zgodnie z zapisami zawartymi w art. 187 ust. 1 i 2 ustawy z dnia 20 lipca 2018 r. *Prawo o szkolnictwie wyższym i nauce* (Dz.U z 2022 r. poz. 574 z późniejszymi zmianami) i może zostać dopuszczona do dalszych etapów postępowania w sprawie nadania stopnia doktora.

Rozprawa doktorska mgr. inż. Adama Młynarczyka zasługuje także na wyróżnienie o co wnioskuję do Rady naukowej dyscypliny nauki o Ziemi i środowisku, Uniwersytetu im. Adama Mickiewicza w Poznaniu.

Pytania do autora:

1. W pracy wykazano związek pomiędzy stanem uwilgotnienia siedlisk leśnych na podstawie wcześniej wykonanych opracowań a NDVI, ale czy wykonano odwrotną analizę? Czy mając mapę zróżnicowania NDVI sprawdzono na podstawie badań terenowych czy mapa ta pokrywa się ze zróżnicowaniem stanu uwilgotnienia danego obszaru? Jeśli nie, to warto byłoby przeprowadzić kilkuletnie badania dotyczące stanu uwilgotnienia siedlisk leśnych na dużych powierzchniach, wykorzystując zautomatyzowane stacje pomiarowe i analizując stan uwilgotnienia gleby, wilgotność powietrza oraz sumę opadów atmosferycznych, obserwując jednocześnie zmiany wskaźników spektralnych.
2. Czy wybrany w trakcie badań wskaźnik spektralny NDVI może znaleźć zastosowanie w prognozowaniu zmian w zasięgach upraw rolniczych czy ze względu na inne zmienne warunkujące przyrosty biomasy planu roślin uprawnych (np. nawożenie gleb, sztuczne nawadnianie upraw) należałoby wykorzystać inny wskaźnik lub wskaźniki, jakie są w związku z tym ograniczenia w jego zastosowaniu.

10.11.2023

data

Mariola Wróbel

dr hab. Mariola Wróbel, prof. ZUT